

自転車走行環境整備による 需要変化の実践的評価に関する一考察

鈴木清¹ 土崎伸² 神田佑亮³ 土井健司⁴

¹正会員 国土交通省四国地方整備局四国技術事務所（〒761-0121 香川県高松市牟礼町牟礼1545）

E-mail: suzuki-k8814@skr.mlit.go.jp

²正会員 （株）オリエンタルコンサルタンツ（〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18）

E-mail: tsuchizazki@oriconsul.com

³正会員 京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都市西京区京都大学Cクラスター）

E-mail: kanda@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴正会員 大阪大学大学院工学研究科（〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1）

E-mail: doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

近年の自転車利用の拡大を受け、各地で自転車走行環境整備が進められている。しかし、課題がある箇所ではなく幅員に余裕がある箇所での整備が多く、効率的なネットワークが形成されていない。このような状況では、整備しやすい箇所から整備を進めつつも、整備による需要変化を的確に評価しネットワークとしての対応を検討することが不可欠である。そこで、需要変化の評価に必要な知見を整理するため、高松市の自転車経路データを用いて経路選択モデルを構築するとともに、施策実施時の実測値で検証を行った。その結果、自転車の経路選択は不連続箇所の有無、左右折等に影響され、多少遠回りでも不連続箇所を避けることや、需要変化評価時の留意点として、ボトルネックを考慮すべきこと、場当たりの経路選択がされることを想定し対策を検討すべきこと等を明らかにした。

Key Words : 自転車ネットワーク, 経路選択モデル, 自転車需要の変化, 需要変化の評価

1. はじめに

日本では、環境意識の向上や健康志向の高まりから、近年、自転車の利用が急速に拡大するとともに、補助的な交通手段から都市交通の重要な担い手へと見直されつつある。しかし、自転車は小回りが利き、幹線道路から細街路まで多様な路線を通行することができる交通手段である。特に日本では、1970年以降、自転車利用者を交通事故から保護することを目的として、「自転車は歩道を通行してもよい」という例外的なルールが設定されている。このようなルールを持つ国は日本とノルウェーのみであり、世界でも例外的に歩行者と自転車がスペースを共有している。したがって、日本では現在でも自転車専用スペースは十分に確保されておらず、自転車は歩行者と同じようにどこでも自由に走行することが普通となっている。こういった背景により、商店街等の歩行者優先の空間や狭い路地に過度に多くの自転車が走行したり、歩行者との錯綜を招いているケースも少なくない。

こうした動きを受けて、安全確保等の観点から全国

各地でネットワーク整備計画が検討され、実際に自転車走行環境整備が進められている。しかし、「安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会」

（2012）において全国98箇所のモデル地区の評価・検証を行った結果、「自転車ネットワーク計画を作成した自治体は少数」、「道路幅員に余裕のある空間だけを対象に整備する傾向がある」と示されたように¹⁾、需要のある路線や課題がある路線ではなく、多くが幅員に余裕がある箇所で整備されているのが現状である。

例えば、日本で最も自転車利用率が高い都市の1つである香川県高松市は、通勤・通学時に自転車利用が集中し、アーケードを有する商店街や中心部の幹線道路では過度な集中による錯綜等が問題となっていた。このような状況を踏まえて、2008年には「高松市中心部自転車ネットワーク整備方針（案）」²⁾が策定され、市中心部と南部を結ぶ“中央通り”（国道11号・30号）や、中心部と西部を結ぶ市道五番町西宝線等の整備が進められてきた。

“中央通り”は自転車が最も集中するアーケード街に近接する平行路線である。中央通りは整備により走

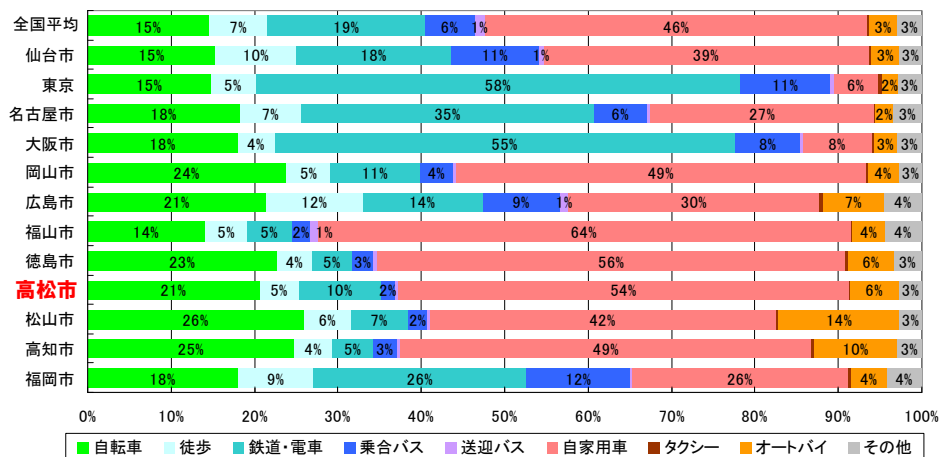


図-1 通勤・通学における自転車分担率 (H22国勢調査)

行性が向上したが、複数の交差点が平面横断できない構造となっている（地下横断道が設置されている）。このため、自転車利用者は連続的に走行できない中央通りに転換することはなく、商店街への集中の問題は解消されなかった。

このような状況を受け、2012年4月に自転車が最も集中する商店街への自転車の乗り入れが禁止された。これにより、乗り入れ禁止区間に平行する中央通りへの転換が見られたが、中央通り自体の容量不足や前後の狭隘な区間への自転車の集中等の新たな問題も発生している。

このような問題は、既成市街地における道路空間に自転車走行空間を後で確保しようとする際には、たびたび生じる問題である。このような状況では、既存の道路空間の利用可能性にあわせて整備を進めつつも、自転車の需要に対するネットワークとしての対応を的確に行うことで、効率的で利用される自転車走行環境となるよう整備していくことが不可欠である。そのため、現状のニーズ・利用状態を把握した上で、整備による需要の変化を的確に評価しながら、その有効性を判断したり、追加的な対策を検討していくことが必要となる。

そこで本稿では、筆者らが開発した手法^{3)・4)}により把握した高松市中心部の自転車利用実態を基にサービス水準と需要の関係の分析を行う。さらに、実際の施策実施時（商店街乗り入れ禁止）のデータを用いて検証・考察することで、整備による需要の変化を評価する際の留意点を整理する。

2. 既往研究のレビュー

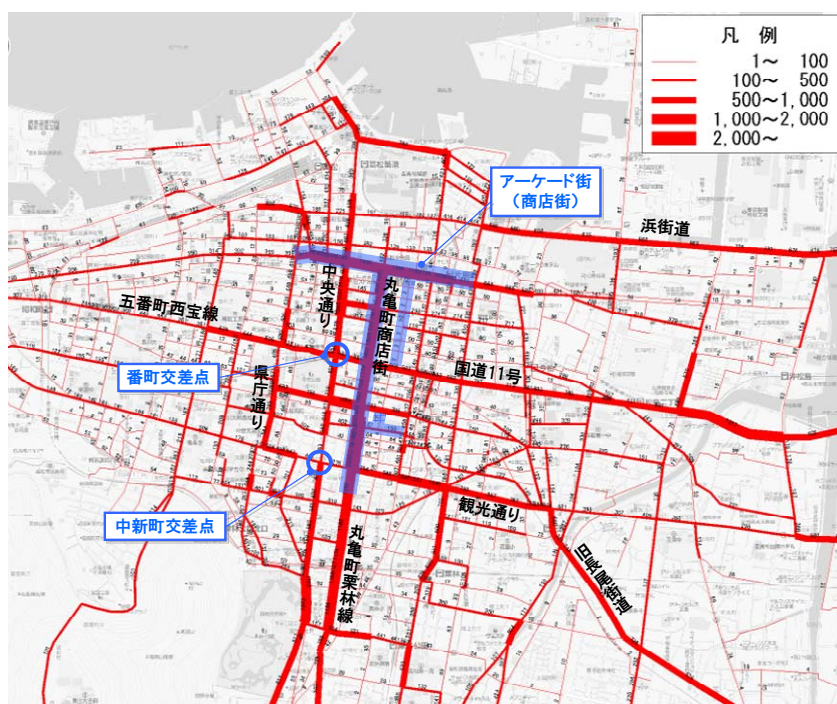
自転車の走行経路選択特性については、筆者らがアンケートで取得した走行経路データをGISを用いて分析する手法を開発し^{3)・4)}、需要が多い路線の特性、ネット

ワーク候補路線抽出時の留意点について分析を行っている⁵⁾。しかし、通行止めや整備による需要の変化に関する知見はなく、定量的な分析も実施していない。

一方、モデル等による定量的分析例として、鎮山⁶⁾らは、地図への記入により得られたデータを用いて経路選択モデルを構築し、自転車利用者が直進を好むことや、距離が短く歩道を設置しているリンクを選択する傾向があることを明らかにしている。また、Mekuria⁷⁾らは、街路・細街路、自転車道を対象に自転車利用者の経路選択特性を明らかにした上で、自転車交通量を推計している。その結果、直線距離に対する迂回率が50%程度以上になると自転車は選択されなくなるといった特徴を明らかにしている。Dill⁸⁾は、自転車や歩行者にとって望ましいネットワーク形状を考察している。あるOD間について、交差点密度、経過するノード数等により経路の直接性を指標化して分析し、自転車利用者は必ずしも最短経路を選択している訳ではなく、歩行者以上に信号のある交差点を敬遠していることを明らかにしている。

これらにより、右左折回数の少なさ、距離の短さ、信号の少なさ、といった自転車が選択するルートの一般的特性が明らかにされているが、整備による需要の変化に関する知見は見られない。また、整備を検討する際の留意点としてこのようなモデル分析で抽出される要因は重要であるが、実務的にはそうでない点についても考慮が必要となってくると考えられる。

そのため本稿では、まず高松市中心部の自転車利用者の走行経路データから経路選択モデルを構築する。次に、これを用いて上述の商店街乗り入れ禁止時の需要変化状況を予測し、実際に乗り入れ禁止を行った後の計測結果との適合状況について検証する。これらの結果について考察を行うことで、整備時に考えられる需要変化の傾向や留意点についての知見を整理する。



< 中新町交差点 >



< 番町交差点 >



図-2 高松中心部における自転車利用状況（通勤・通学）



< 中央通り >



< 市道五番町西宝線 >



図-3 高松市中心部の自転車利用環境整備状況

表-1 アンケート調査の対象およびサンプル数

対象	調査対象	取得 サンプル数
通勤目的	市内中心部の事業所の従業員	158 票
通学目的	市内中心部の高校生	717 票
合計		875 票

3. 高松市の自転車利用特性および整備状況

(1) 高松市の地域特性

高松市は四国の北東部、香川県のほぼ中央に位置す

る。四国経済の中心拠点で人口約42万人の都市である。また、瀬戸内海に面しており、温暖で降水量が少ない。地形は平坦で起伏が少なく、特に中心部から南東部方向に自転車利用に適した平坦なエリアが広がっている。このように自転車を利用しやすい環境が整っているため、通勤・通学における自転車の利用割合は21%と全国平均を大きく上回っている（図-1）。

(2) 高松市中心部の自転車利用特性

筆者らは、2010年に実施されたアンケート調査（表-1）で取得した走行経路データと複数の箇所における自

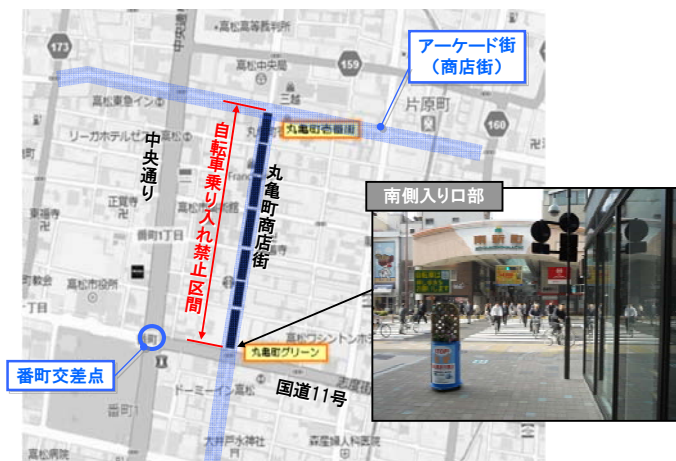


図-4 丸亀町商店街自転車乗り入れ禁止の実施状況

転車交通量観測結果から、高松市中心部の自転車利用状況を把握し、分析を実施している^{3・4}。

図-2は上記により把握した中心部全体の自転車リンク交通量である。これを見ると、浜街道、国道11号、観光通り、丸亀町栗林線・丸亀町商店街、中央通り等の東側や南側からの幹線道路に利用が集まっている。また、自転車が集まる中心部ではこれらの幹線以外の路地等でも交通量が多くなっている。

最も利用が多いのは“丸亀町商店街”である。一方、平行する幹線道路である“中央通り”は中新町交差点以北で利用が減少している。これは、“丸亀町商店街”が広幅員のアーケードで走行性が高く風雨を避けられること、中央通りの“中新町交差点”、“番町交差点”を横断するには地下道を通行する必要があることから、丸亀町商店街に自転車が集まっているものと考えられる。また同様に、東西方向のアーケード街にも自転車が多く集まっている。

(3) これまでの対策の概要

a) これまでの整備状況

前項のような利用状況に対し、高松市では2008年に「高松市中心部における自転車ネットワーク整備方針（案）」が策定され、これに基づいた計画的な整備が行われている。（図-3）近年では、“中央通り”の歩道を歩行者用空間と自転車用空間に構造的に分離（2008）したり、東西方向の“市道五番町西宝線”の自動車走行車線を自転車専用車線に置き換える（2011）等の整備を中心に進められてきた。いずれも利用者から良い評価を得るなど、自転車ネットワークの骨格は形成されつつあるが、整備路線同士の未接続や地下道の存在により十分とは言えない状況が続いている。

b) 丸亀町商店街への自転車乗り入れ禁止の概要

このような状況により、丸亀町商店街への自転車の

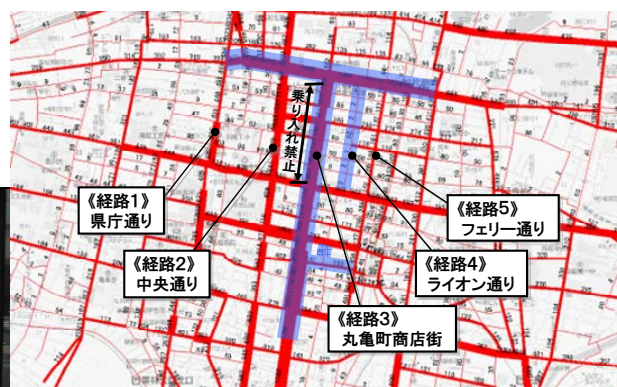


図-5 モデル構築に用いる経路

集中は緩和されず、歩行者と自転車の錯綜がたびたび発生したり、商店街への集客が阻害される等の問題が解消されなかった。そのため、2012年4月より丸亀町商店街への自転車の乗り入れが禁止されることとなった（図-4）。これは当初は2ヶ月間の社会実験として実施されたが、歩行者や商店街関係者より好評を得たため、2012年6月より継続的に実施されている。

4. 経路選択モデルの構築

(1) モデルの考え方

本稿では、自転車ネットワークにおいてある区間のサービスレベルを変化させた場合に考えられる需要の変化の傾向や留意点について知見を抽出することを目的としている。まず、サービス水準の変化と需要の変化を定量的に分析するための経路選択モデルを構築する。そのため、乗り入れ禁止となった丸亀町商店街および、その転換先として想定される路線の経路選択行動を表す多項ロジットモデルを上述のアンケートのデータを用いて構築した。

(2) モデルの構築

a) 転換先路線の設定

丸亀町商店街乗り入れ禁止時に転換先となるのは、丸亀町商店街に平行する路線で幹線道路を通過して迂回しやすい路線と考えられる。これを踏まえ、丸亀町商店街と平行する南北方向の路線のうち、国道11号や観光通り等の東西方向の幹線道路と交差する幹線的な5路線を選定した。（図-5）

b) データの構築

次に、アンケートにおける経路データから、モデル推定に用いるデータを構築した。約900サンプルのうち、この5路線のいずれかを通過する81サンプルについて、実際に選択している路線以外の4路線を利用する場合の仮想経路を次のような考え方で設定した。

表-2 選択モデルのパラメータ推定結果

説明変数	推定値	(t 値)
距離 (m)	-0.00418*	(-3.175)
右左折回数	-0.517 *	(-3.641)
地下道の通行回数	-1.02 *	(-2.986)
アーケード有無	0.752 **	(-1.966)
初期尤度		-130.36
最終尤度		-77.61
尤度比		40.6
的中率		64%
サンプル数		81

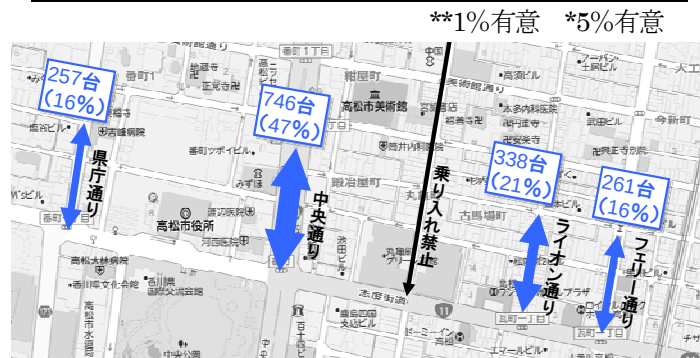


図-6 路選択モデルによる乗り入れ禁止後の予測結果

- ・出発点から各経路の対象区間までの最短ルートを通行する。
- ・ただし、現在利用の多い路線や幹線的な路線等、自転車に好まれる路線を主に選定する。
- ・地下道は遠回りにならない範囲で極力避ける。

説明変数としては、上述の既往研究で示されている要因を考慮しつつ、出発地から目的地までの距離、右左折回数、地下道の通行回数、アーケード有無（距離比30%以上の有無）についてデータ化した。

c) モデル推定結果

前項のデータを用いた経路選択モデルのパラメータ推定結果を表-2に示す。モデルの尤度比は40.6、的中率は64%と良好である。また、パラメータの符号は、距離、右左折回数、地下道の数値が大きくなると選択率が下がり、アーケードがあると選択率が上がる結果となっており妥当である。

パラメータ推定値のバランスを見ると、地下道1箇所が距離約250m、右左折2回に相当している。また、アーケードがあっても地下道が1箇所あるとそのルートは選択されない結果となった。地下道が経路選択に与えている影響が非常に大きいことが分かる。また、右左折についても、100m程度の距離に相当しており、経路選択に与える影響が大きい。これは、右左折をする場合交差点を横断するケースが多く、信号待ち等の影響も含まれているものと考えられる。

これらのことから、距離が短いルートを整備しても、地下道のように連続的横断できない箇所や信号待ちや右左折等がある場合には、期待通りに利用されない可能性があることに留意が必要になると考えられる。また、風雨を避けられるアーケード街や走行性が高い広幅員の自歩道等が周辺に存在している場合は、整備路線の走行性を十分に向上させることやスムーズに周辺路線に結節させること等が重要になると考えられる。

5. モデル検証による対策検討時の留意点の整理

(1) 経路選択モデルの検証

a) 丸亀町商店街乗り入れ禁止時の需要予測

前項で構築した経路選択モデルを用いて、丸亀町商店街乗り入れ禁止時の需要の変化を予測した。図-6はモデル構築に用いた81サンプル（拡大時2939人に相当）のうち、商店街を利用している27サンプル（拡大時1603人に相当）が商店街を通行できなくなった場合の選択経路をモデルを用いて推計したものである。

この結果、中央通りが最も多く47%、次いでライオン通りが21%、県庁通り、フェリー通りにもそれぞれ16%の自転車利用者が迂回することが予測された。

b) 実際の商店街乗り入れ禁止時の変化

これに対する実際の交通量の変化状況を把握するため、丸亀町商店街乗り入れ禁止1ヶ月後に実施された周

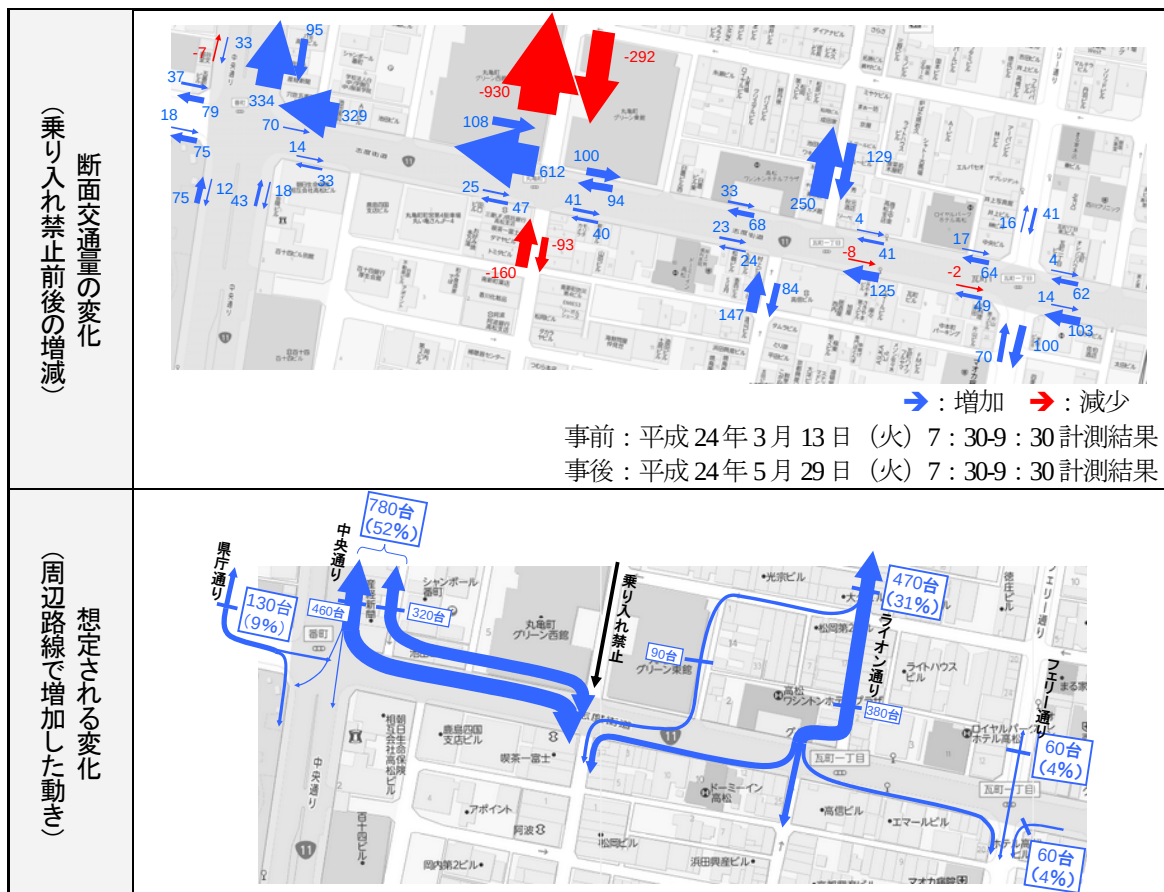


図-7 実際の断面交通量の変化状況

表-3 予測値と実測値の比較

	県庁通り	中央通り (細街路含む)	丸亀町 商店街	ライオン通り (細街路含む)	フェリー通り
予測値	257台 (16%)	746台 (47%)	—	338台 (21%)	261台 (16%)
実測値	130台 (9%)	790台 (52%) ※ 東側の街路に 320台進入	—	470台 (31%) ※ 西側の街路に 90台 進入	120台 (8%)

辺路線における交通量調査結果から、今回対象とした5路線での交通量の変化を整理した（図-7）。この結果、中央通りが最も多く（東側の路地へ進入したものとあわせて）52%、次いでライオン通りが31%、県庁通り、フェリー通りはそれぞれ10%弱の自転車利用者が迂回したと見られる。

c) 予測値と実測値の比較検証

モデルによる予測値と実測値を整理した結果を表-3に示す。双方とも中央通りが最も多く約5割が迂回している。また、ライオン通りへの転換が次いで多く、県庁通りおよびフェリー通りが最も少なく同程度の転換数となっている。経路選択モデルによる予測は概ね実際の状況と一致しており、モデルで表現される構造の経路選択が実際に行われているものと考えられる。

一方、相違がみられる箇所として、中央通りやライオン通りへの迂回において、周辺の路地へ進入する現

象が発生していることや、ライオン通りへの迂回交通量が予測に比べて実際の方が多く、県庁通りやフェリー通りへの迂回が予測に比べて少ないことが挙げられる。

(2) 需要変化評価時の留意点の整理

前項の3点の相違について、その要因とそこから抽出される需要評価時の留意点について考察を行う。

a) 中央通りやライオン通りにおける細街路への進入

中央通りと国道11号の交差点（番町交差点）やライオン通り西側の国道11号では自歩道の幅員が極端に狭くなっている箇所がある。（図-8）これらの箇所へ丸亀町商店街から転換した自転車が集まることで走行性が著しく低下したことや、対向者等との事故の危険性が高まったことから手前の細街路に進入しているものと考えられる。今回構築した予測モデルは5路線のみを対象

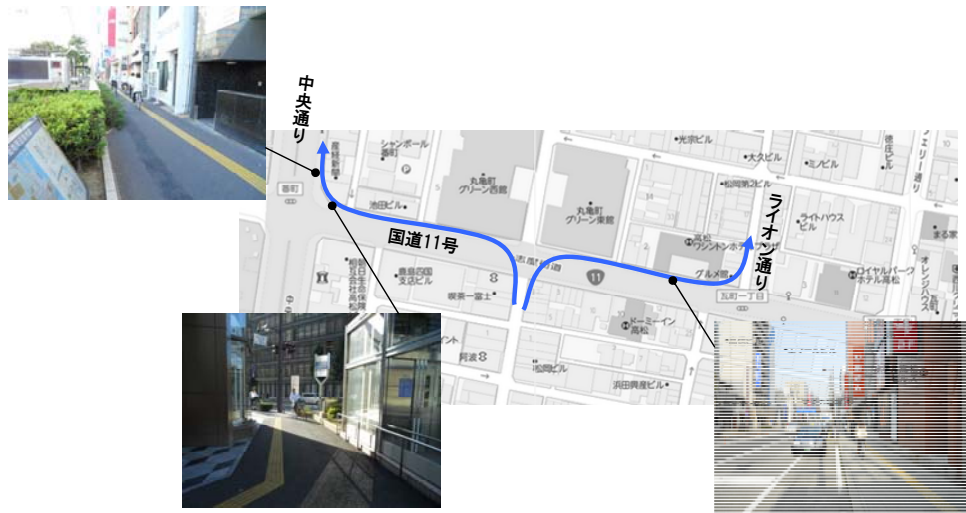


図-8 中央通り・ライオン通りへの迂回路（国道11号）の状況

としており、幅員やボトルネックも考慮できていないため、このような相違が発生したものと考えられる。

このことから、標準的な構造のみで評価するのではなく、部分的なボトルネックや危険箇所の有無、それらのネットワーク上の位置関係等に留意しながら評価を行うとともに、ボトルネックを解消する対策等も併せて検討していく必要があると考えられる。

b) ライオン通りへの迂回の集中

ライオン通りは、丸亀町商店街と同様のアーケード街である。今回構築したモデルではアーケードの有無を考慮しているが、実際の経路選択に及ぼす影響と比較してアーケードの有無に対するパラメータが小さいことが相違の要因と考えられる。乗り入れ禁止前のライオン通りの交通量が実際より多ければ、このパラメータが大きくなったと考えられるが、隣に幅員が広く特に走りやすい丸亀町商店街があることや、丸亀町商店街のように南北に連続していないことから、以前は選択肢として考慮されず利用が少なかったものと考えられる。しかし、乗り入れ禁止後はライオン通りがアーケード街であるということから、新たに選択肢の一つとして考慮されるようになったことが相違の要因として考えられる。

このことから、ネットワークを変化させると利用者の選択対象が変化するのを踏まえることが必要と考えられる。現状で多く利用されている路線のみに着目して評価を行うのではなく、対象路線や目的地の位置関係を考慮しつつ利用者の目線で具体的な変化を想定し、反映させる必要がある。加えて、アーケード街のような路線が特に自転車に好まれることに留意しておかなければならない。

c) 県庁通り・フェリー通への迂回が少ない

県庁通りとフェリー通りは、丸亀町商店街から遠く比較的広域的な迂回路線である。そのため、自転車利

用者が距離や右左折の条件から広い視野で、客観的な判断を行えば選定され得る路線であると考えられる。しかし実際には、乗り入れ禁止区間手前までは今まで利用していた商店街を走行することを前提とし、乗り入れ禁止区間の直前から選択可能な路線へ迂回したため、選定されなかったと考えられる。これは、上述の通りアーケード街が特に好まれるということに加え、自転車利用者が客観的な情報を持っておらず、以前の行動に影響されて場当たりの迂回を行っていることが要因として考えられる。

このことから、整備路線の端部や主要路線との接続部分での自転車の動き方に注意が必要になると考えられる。また、これらが望ましくない場合には望まれる経路選択を促すような整備やネットワークマップ等を用いた周知も必要になると考えられる。

6. おわりに

本稿では、自転車走行環境整備による需要の変化を評価するため、高松市中心部の自転車走行経路データを用いて経路選択モデルを構築した。また、丸亀町商店街の乗り入れ禁止時に実際に起こった変化と予測の相違状況について考察を行った。これから得られた、需要変化の評価や対策検討時の留意点を以下にまとめる。

＜需要の変化を評価する際の基本的な要素＞

- ・自転車の走行経路は主に、“地下道のような不連続箇所の有無”，“右左折の有無”，“ルートとの距離”，“アーケードのように走行性が高い箇所の有無”に影響される。
- ・多少遠回りとなっても地下道のように連続的に走行できない箇所や、信号待ちや右左折等を避ける傾向がある。
- ・アーケード街のような走行性の高い路線が特に好

まれる場合がある。

＜その他、評価時に考慮すべき事項＞

- ・需要変化の評価は標準的な構造のみでなく、部分的なボトルネックを考慮しなければならない。ボトルネックのネットワーク上の位置関係等に留意しながら評価や検討を行う必要がある。
- ・整備により利用者の選択対象が変化する場合がある。需要変化の評価は現状で多く利用されている路線のみに着目して行うのではなく、路線や目的地の位置関係から利用者の目線で想定し反映させていく必要がある。
- ・客観的な情報がなく場当たりの経路選択を行う場合がある。新規の整備時にはその端部や主要路線との接続部分での自転車の動き方に注意する必要がある。必要な場合、望まれる経路選択を促すような広域的な整備や周知を行うべきと考えられる。

今回の丸亀町商店街の乗り入れ禁止により、多くの自転車利用者が中央通りへ迂回し、国道11号との交差点のボトルネック箇所集中したり、周辺の路地へ迂回するなどの問題が生じている。これは地下道を避けて商店街から中央通りへ進入しようとするために発生している事象である。これを解消するための根本的な対策として、中央通りの番町交差点・中新町交差点の平面横断を可能にすることが挙げられる。

これを実施する場合、今回の経路選択モデルを用いると中央通りの利用者がさらに152台増加すると予測される。また、上述の知見を踏まえると以下のような点に留意する必要がある。

- ・中央通りに自転車が集中した場合の歩道内の処理容量や交差点部の処理容量が不足すると、結局周辺の細街路に侵入してしまう場合がある。
- ・アーケードが全面的に通行止めにならない場合（現在と通行止めの範囲が変わらない場合）、できるだけアーケードを利用することを優先し、転換しない自転車も多く存在すると考えられる。
- ・これらを考慮した中央通りの走行性の向上やボトルネックの解消、アーケード等の周辺路線の対策との連携、広域的な動きを考慮したアクセス路の確保や周知等が必要になると考えられる。

このような点を考慮しつつ対策を実施していくことで、既存の道路空間を有効に活用しながら、自転車の需要に応じた効率的なネットワークの整備が可能になると考えられる。

また併せて、これらの整備実施時の需要の変化や周辺路線への影響について継続的に計測、分析を行っていくことで、体系的でより有用な知見として整理する

ことが可能になるものと考えられる。

参考文献

- 1) 安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた検討委員会（国土交通省道路局・警察庁交通局）：第1回配布資料，資料-4モデル地区の評価・検証
- 2) 自転車を利用した香川の新しい都市づくりを進める協議会：高松市中心部における自転車ネットワーク整備方針（案），2008
- 3) 鈴木，土井，神田，土崎：自転車走行経路・流動の分析手法に関する試案と適用～高松市中心部をケーススタディとして～，交通工学研究発表会論文報告集Vol.31，pp.413-418，2011
- 4) Suzuki,K., Kanda,Y., Doi,K., Tsuchizaki,N., : Proposal and Application of A New Method for Bicycle Network Planning, 8th International Conference on Traffic and Transportation Studies, pp.558-570, 2012
- 5) 土崎，鈴木，神田，土井，松田：自転車交通の需要特性と一貫性・直接性に着目した実践的なネットワーク計画に関する研究，第45回土木計画学発表会・講演集，CD-ROM，Vol.45，2012.
- 6) 鎮山，廣島，中西：自転車利用環境整備計画のための自転車利用者の経路選択分析，土木学会中部支部研究発表会，2007
- 7) Mekuria, C, (2011): A Tool to Evaluate Bicycle Networks Minnesota Transportation Institute (MTI) Research Report.
- 8) Dill, J. (2004): Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking, TRB 2004 Annual Meeting, CD-ROM